

No title available.

Best Available Copy

Patent Number: JP10107773
Publication date: 1998-04-24
Inventor(s): SHI CHIYOUSHIYOU; KAJIOKA HIROSHI
Applicant(s):: HITACHI CABLE LTD
Requested Patent: ☐ JP10107773
Application Number: JP19960256235 19960927
Priority Number(s):
IPC Classification: H04J14/00 ; H04J14/02 ; H04B10/14 ; H04B10/135 ; H04B10/13 ; H04B10/12 ; H04B10/02 ;
H04B10/28 ; H04B10/26 ; H04B10/04 ; H04B10/06
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve wavelength resolution at a low cost by demultiplexing a multiplex signal with a combination circuit of a reflection type LP01-LP11 mode converter and a circulator matched with a desired wavelength.

SOLUTION: A 1st stage circulator 10 sends all signal lights of received wavelength bands λ_1 - λ_n to a 1st stage reflection type LP01-LP11 mode converter 11. Grating is set to the 1st stage reflection type LP01-LP11 mode converter 11 so as to convert the light in the LP01 mode with a wavelength λ_1 into the LP11 mode for reflection. The 1st stage circulator 10 sends only the light returned and reflected to a 1st stage receiver 8 via the LP 11 mode transmission line 12, then the signal for the wavelength band λ_1 is demultiplexed. Second, 3rd,... stages of reflection type LP01-LP11 mode converters 11 are matched sequentially with wavelength bands λ_2 , λ_3 , then signals of wavelength bands λ_2 , λ_3 are obtained by the 2nd, 3rd,... stages of receivers 8.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-107773

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) IntCl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

Q

H 0 4 B 10/14

U

10/135

Y

10/13

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-256235

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月27日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 史 朝翔

茨城県日立市砂沢町880番地 日立電線株式会社高砂工場内

(72) 発明者 梶岡 博

茨城県日立市砂沢町880番地 日立電線株式会社高砂工場内

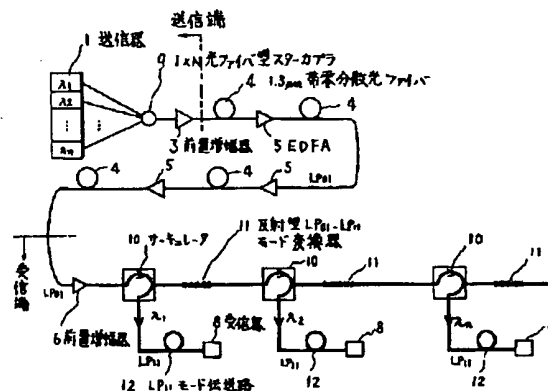
(74) 代理人 弁理士 松本 孝

(54) 【発明の名称】 光波長分割多重通信システム

(57) 【要約】

【課題】 分割多重信号光の波長分解能が良好で、波長分散が補償された低コストな光波長分割多重通信システムを提供する。

【解決手段】 複数のレーザを有する送信器と、 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカプラと、前置増幅器と、伝送用の光ファイバと、エルビウム添加光ファイバ増幅器と、サーキュレータと、反射型LP01-LP11モード変換器と、LP11モード伝送路と、受信器で構成した光波長分割多重通信システムの受信端に於いて、分割多重の数だけサーキュレータ、反射型LP01-LP11モード変換器を直列に接続したことを特徴とする光波長分割多重通信システムにある。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のレーザを有する送信器と、 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラと、前置増幅器と、伝送用の光ファイバと、エルビウム添加光ファイバ増幅器と、サーキュレータと、反射型LP01-LP11モード変換器と、LP11モード伝送路と、受信器で構成した光波長分割多重通信システムであって、受信端に於いて分割多重の数だけ前記サーキュレータ、前記反射型LP01-LP11モード変換器を直列に接続したことを特徴とする光波長分割多重通信システム。

【請求項2】前記反射型LP01-LP11モード変換器の後にエルビウム添加光ファイバ増幅器を設置したことを特徴とする請求項1記載の光波長分割多重通信システム。

【請求項3】複数のレーザを有する送信器と、 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラと、前置増幅器と、伝送用の光ファイバと、エルビウム添加光ファイバ増幅器と、 2×2 光ファイバ型カブラと、反射型LP01-LP11モード変換器と、LP11モード伝送路と、受信器で構成した光波長分割多重通信システムであって、受信端に於いて前記 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラで分割多重の数だけ信号光を分岐した後、該 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラの出力端に反射型LP01-LP11モード変換器、LP11モード伝送路、受信器が接続されていることを特徴とする光波長分割多重通信システム。

【請求項4】前記 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラの出力端に於いて、前記 2×2 光ファイバ型カブラの直前にエルビウム添加光ファイバ増幅器を設置したことを特徴とする請求項3記載の光波長分割多重通信システム。

【請求項5】複数のレーザを有する送信器と、 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラと、前置増幅器と、伝送用の光ファイバと、エルビウム添加光ファイバ増幅器と、アイソレータと、 2×2 光ファイバカブラと、チャープグレーティングと、受信器で構成した光波長分割多重通信システムであって、受信端に於いて分割多重の数だけ前記 2×2 光ファイバカブラ、前記チャープグレーティング、前記アイソレータを直列に接続したことを特徴とする光波長分割多重通信システム。

【請求項6】前記チャープグレーティングの直後にエルビウム添加光ファイバ増幅器を設置したことを特徴とする請求項5記載の光波長分割多重通信システム。

【請求項7】複数のレーザを有する送信器と、 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラと、前置増幅器と、伝送用の光ファイバと、エルビウム添加光ファイバ増幅器と、 2×2 光ファイバカブラと、チャープグレーティングと、受信器で構成した光波長分割多重通信システムであって、受信端で前記 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラで分割多重の数だけ信号光を分岐した後、該 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラの出力端に前記 2×2 光ファイバカブラ、前記チャープグレーティング、前記受信器を接続

したことを特徴とする光波長分割多重通信システム。

【請求項8】前記 $1 \times N$ 光ファイバ型スターカブラの出力端に於いて、前記 2×2 光ファイバカブラの直前にエルビウム添加光ファイバ増幅器を設置したことを特徴とする請求項7記載の光波長分割多重通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は通信システム、特に光ファイバを用いた光波長分割多重通信システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】図10に従来の光波長分割多重システムの構成図を示す。波長 $1.5 \mu\text{m}$ 帯のDFBレーザを光源とする送信器1と、 $\lambda 1$ から $\lambda 4$ までの波長を合波する合波器2と、この合波した信号光を増幅する前置増幅器3と、伝送用の波長 $1.3 \mu\text{m}$ 帯零分散光ファイバ4と、伝送中に減衰した信号光を増幅するエルビウム添加光ファイバ増幅器、すなわちEDFA(Erbium Doped Optical Fiber Amplifier)5と、受信した信号光を増幅する前置増幅器6と、信号光を $\lambda 1$ から $\lambda 4$ までの波長に分離する分波器7と、受信器8から構成されている。

【0003】図10では波長 $1.5 \mu\text{m}$ 帯の $\lambda 1$ から $\lambda 4$ までの4波長、すなわち4分割波長分割多重伝送について説明しているが、送信器1に波長の異なるDFBレーザを用意すれば更に多重化することが可能である。しかし、送信器1での使用レーザダイオードのスペクトル幅、EDFA5の増幅波長域や合波器2及び分波器7の波長特性によって分割多重できる数が決まる。

【0004】信号は各波長に重畳されており、合波器2により合波されても各波長で独立に信号を伝送し、お互いに影響を及ぼさない。伝送途中では随所にEDFA5が設置されており、必要に応じて信号光が増幅される。受信端では前置増幅器6により増幅された後、分波器7により各波長に分離され受信器8で信号が受信される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術において、合波器2と分波器7は導波路型を用いている。光導波路型の合波器2及び分波器7は製作が難しく、且つその波長分解能が通常 1nm から 2nm と低い。このためシステムのコストが高くなり、更に波長分解能が低いため多重化できる信号の数が大幅に制限される。すなわち、EDFAを用いているため使用できる波長はEDFAの増幅可能波長帯の 1.525 から $1.575 \mu\text{m}$ に制限され、信号数を増加するためには送信器1のレーザダイオードの波長半値幅、すなわちスペクトル幅を狭く、且つ合波器2及び分波器7の分解能を上なければならない。通常DFBレーザの波長半値幅は十分狭く、システム全体の多重化の数を決定するのは合波器2及び分波器7であり、従来それらの分解能が低いため多重化できる信号

数が少ない。

【0006】最も大きな問題として波長分散がある。上記のシステムでは伝送用の光ファイバは零分散波長が1.3 μm 帯にある通常の光ファイバを用いており、信号光は波長1.5 μm 帯であるから、伝送用の光ファイバ1km当たり約18psecの分散量がある。従って長距離伝送後の分散量は膨大な量となり、伝送できる情報量が大幅に制限される。伝送しようとする情報量(1波長当たり)がこの光ファイバの分散量に制限される時には、この分散量を打ち消すこと、あるいは補償することが必要となる。

【0007】分散を補償する手段としては、光導波路型で補償回路を製作した光素子、あるいは光ファイバで零分散波長を1.5 μm より長波側にずらした伝送路をシステムの伝送用光ファイバに直列に挿入する。しかしながら、これらの光素子あるいは伝送路は分散の補償量が単位長さ当たり少ないため、これらを挿入して分散を補償しようすると今度は挿入損失が増えるという問題があり、まだ実用には呈していない。又電氣的に補償する方法もあるが、その場合はシステムのコストが高くてしまう。

【0008】従って本発明は、前記した従来技術の問題点を解決すべく創案されたものであり、波長の分解能が良好でコストが低い、そして信号光の分散が補償された光波長分割多重通信システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の目的を実現するため、送信端で光ファイバ型の1×Nスターカプラを用い、受信端では光サーキュレータと反射型のLP01-LP11モード変換器と、分散補償用のLP11モード伝送路を用いた。伝送損失が大きい場合はEDFAを用いた。

【0010】或は、送信端及び受信端で1×N光ファイバ型スターカプラを用い、更に受信端では反射型のLP01-LP11モード変換器と、分散補償用のLP11モード伝送路を用いた。伝送損失が大きい場合はEDFAを用いた。

【0011】或は、送信端で1×N光ファイバ型スターカプラを用い、受信端では光ファイバ型のチャープグレーティングと、アイソレータを用いた。伝送損失が大きい場合はEDFAを用いた。

【0012】或は、送信端及び受信端で1×N光ファイバ型スターカプラを用い、更に受信端では光アイソレータと、光ファイバ型のチャープグレーティングを用いた。伝送損失が大きい場合はEDFAを用いた。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明の光波長分割多重通信システムの第一の実施例を示す構成図である。波長1.5 μm 帯のDFBレーザを光源とする送信器1と、 λ_1 から λ_n までの波長の信号光を合波する1×N光フ

ァイバ型スターカプラ9と、この合波した信号光を増幅する前置増幅器3と、伝送用の波長1.3 μm 帯零分散光ファイバ4と、伝送中に減衰した信号光を増幅するエルビウム添加光ファイバ増幅器、すなわちEDFA(Erbium Doped Optical Fiber Amplifier)5と、受信した信号光を増幅する前置増幅器6と、受信端においてサーキュレータ10と反射型のLP01-LP11モード変換器11と、分散補償用のLP11モード伝送路12と、受信器8から構成されている。

【0014】波長 λ_1 から波長 λ_n の信号光は光ファイバ型の1×Nスターカプラ9により合波され、前置増幅器3により一括増幅される。増幅された信号光はEDF5により必要に応じて増幅されながら、伝送用の波長1.3 μm 用単一モード光ファイバ4を伝送して受信端に到着する。

【0015】受信端では、サーキュレータ10と反射型のLP01-LP11モード変換器11と分散補償用のLP11モード伝送路12と受信器8が1組となって、分割多重した信号の数だけ直列に接続されている。すなわち、 λ_1 から λ_n までの信号光は前置増幅器6により増幅された後、サーキュレータ10を通過し、反射型のLP01-LP11モード変換器11にすべての信号光が入射する。そのうち λ_1 の信号光だけがモード変換器11によりLP11モードに変換されてサーキュレータ10に戻って来る。そしてLP11モード伝送路12を通過して受信器8に到達する。

【0016】その他の信号光は2段目のサーキュレータ10に入射し、そして通過して2段目のモード変換器11に入射する。今度は、入射した信号光の内 λ_2 の信号光だけがモード変換器11によりLP11モードに変換されてサーキュレータ10に戻って来る。そしてLP11モード伝送路12を通過して受信器8に到達する。以下、 λ_3 の信号光は同様に3段目のサーキュレータ10、モード変換器11、LP11モード伝送路を経て受信器8に到達する。以下 λ_4 から λ_n まで同様である。

【0017】反射型のモード変換器11の動作・構造について説明する。LP01モードとLP11モードの2つのモードが伝搬する光ファイバのコア部に周期 Λ のグレーティングを書き込む。書き込みは例えば、エキシマレーザ等の短波長の強い光を光源として2光色干渉法等を利用する。この光ファイバ内で、LP01モードの伝搬定数を β_{01} 、LP11モードの伝搬定数を β_{11} とし、もし上記の周期 Λ が $\beta_{01} + \beta_{11} - 2\pi/\Lambda = 0$ なる位相整合条件を満足すると、入射されたLP01モードが反対方向に伝搬するLP11モードに変換する。 β_{01} 及び β_{11} は波長の関数であるから特定の波長が上記グレーティングで反射して戻る。つまり反射して取り出したい波長、例えば λ_1 をLP11モードの中心波長となるようにし、周期 Λ を上記の位相整合条件を満たすように調整すると、波長 λ_1 の信号光のみが反射す

る。このように反射型のモード変換器11は波長選択性とモード変換特性の2つの効能がある。本実施例ではグレーティング型の変換器について示したが、その他マイクロベンディング型も同様に用いることができる。

【0018】サーキュレータ10の動作について説明する。入力ポートは3つあり、それらをa、b、cとするとaから入力した場合はbに出力し、bから入力した場合はcに出力し、cから入力した場合はaに出力する。このように信号が巡回する働きをする。各ポート間ではクロストークの影響はほとんど無い。

【0019】LP11モード伝送路12について説明する。この光ファイバはLP01モードとLP11モードの2つのモードが伝送可能である。上記モード変換器11から反射して来たLP11モードをこの光ファイバで受信器8まで導く。ただし、分散特性は通常の波長1.3 μ m帯に零分散波長がある単一モード光ファイバの波長1.5 μ m帯における分散特性と符号が反対で且つその絶対値が大きい。すなわち今、伝送路となっている光ファイバは波長1.3 μ m帯に零分散波長がある通常の光ファイバである。この光ファイバを波長1.5 μ m帯で使用すると光ファイバ1km当たり約18psecの分散量がある。この伝送路を長距離伝搬して来た信号光は膨大な分散量が蓄積されている。この蓄積された分散量を上記LP11モード伝送路12で打ち消す訳である。動作波長の設定によるが50km相当の分散量を約数百mのLP11モード伝送路で補償、つまり打ち消すことができる。

【0020】以上説明したように、各波長の信号光は受信端で効率よく、しかも分散が補償されて受信される。且つ反射型LP01-LP11モード変換器11から反射して来る信号光はスペクトル幅が非常に狭い。例えば0.5nm以下である。従ってシステムで分割多重できる信号の数を大幅に向上することができる。又使用している光部品は特殊なものではなく光ファイバ型を基礎にしたものであるからシステム全体が低コストで構成できる。

【0021】図2は本発明の光波長分割多重通信システムの第二の実施例を示す構成図である。図1の構成において各反射型LP01-LP11モード変換器11の後にEDFA13を挿入したものである。このEDFAによりサーキュレータ10、反射器11による挿入損失を補っている。その他の動作、効果は第一の実施例とまったく同じである。

【0022】図3は本発明の光波長分割多重通信システムの第三の実施例を示す構成図である。第一、第二の実施例と比べて、受信端の構成が異なっている。すなわち、第一、第二の実施例ではサーキュレータ10、モード変換器11、LP11モード伝送路12、受信器8が一組となり、n組が直列に接続・構成されているが、図3では1 \times Nの光ファイバ型のスターカブラ14により

前置増幅器6で増幅された信号光がn等分される。

【0023】スターカブラ14のそれぞれの出力端には2 \times 2光ファイバ型カブラ15と、反射型のLP01-LP11モード変換器11とLP11モード伝送路12、受信器8が接続されている。モード変換器11はそれぞれ反射する信号光を λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_n と異なるように製作してある。反射型のLP01-LP11モード変換器11は2 \times 2光ファイバ型カブラの一出力端に製作することができる。また1 \times N光ファイバ型スターカブラ14と2 \times 2光ファイバ型カブラ15の接続はTEC技術、すなわち熱コア拡大技術を用いて接続できる。受信端で構成は異なっているものの、第一及び第二の実施例と同じ機能、動作、効果を示す。図4は本発明の光波長分割多重通信システムの第四の実施例を示す構成図である。第三の実施例で受信端の1 \times N光ファイバ型スターカブラ14の出力端に於いて、2 \times 2光ファイバ型カブラ15の直前にEDFA13を挿入し、信号光の強度を強めた。

【0024】図5は本発明の光波長分割多重通信システムの第五の実施例を示す構成図である。受信端を2 \times 2光ファイバカブラ15、チャートグレーティング16、アイソレータ17、受信器8で構成し、同様の機能、効果を持たせた。第一の実施例と同様に、2 \times 2光ファイバ型カブラ15、チャートグレーティング16、アイソレータ17を一組とし、分割多重の数だけ直列に接続されている。前置増幅器6により増幅された信号光は2 \times 2光ファイバカブラ15を通過しチャートグレーティング16に入射する。チャートグレーティング16に入射した信号光のうち、特定の波長の信号光のみが分散量を補償されて2 \times 2光ファイバカブラ15に戻って来る。それを受信器8で受信する。アイソレータ17はチャートグレーティングで反射した信号光が、前段のチャートグレーティングを通過して前段の受信器に入らないようにするため必要である。

【0025】図6に、チャートグレーティング16の説明図を示す。波長1.5 μ m帯で単一モードの光ファイバのコア部にグレーティングを製作する。製作はエキシマレーザ等の短波長の強い光を2光色干渉法等により行う。ただし普通のグレーティングと異なり、その周期は徐々に長い。従って入射パルスを時間軸で観測した場合、半値幅の部分の速度の速い ω_1 成分はチャートグレーティング16を長い距離伝搬してから反射する。半値幅の部分の速度の遅い ω_2 成分はチャートグレーティング16に入射するとすぐ反射する。その結果、入射パルスは圧縮されて、言い換えれば波長分散が補償されて入射端に反射し、戻って来る。従って、このチャートグレーティングは特定の波長を反射して取り出し、分散を補償するという機能を果たす。チャートグレーティング16は2 \times 2光ファイバ型カブラの一つの出力端に製作することができ、又反射し分散を補償する波長

の設計はグレーティングの周期を種々変えて、例えばビーム伝搬法等により設計できる。本実施例では1段目のチャープグレーティング16の反射、補償波長は1.546 μm 、2段目は1.548 μm 、3段目は1.550 μm ・・・と2nm間隔に設定している。

【0026】図7は本発明の光波長分割多重通信システムの第六の実施例を示す構成図である。第五の実施例において、各チャープグレーティング16の後にEDFA13を挿入し、信号光の強度を強めた。

【0027】図8は本発明の光波長分割多重通信システムの第七の実施例を示す構成図である。第五、第七の実施例と比べて、受信端の構成が異なっている。すなわち、第五、第七の実施例では2×2光ファイバ型カプラ15、チャープグレーティング16、EDFA13、アイソレータ17が一組となり、n個の組が直列に接続・構成されているが、図8では受信端に於いて1×Nの光ファイバ型のスターカプラ14により前置増幅器6で増幅された信号光がn等分され、並列に信号光が処理される。

【0028】1×N光ファイバ型スターカプラ14のそれぞれの出力端には2×2光ファイバ型カプラ15、チャープグレーティング16、受信器8が接続されている。各チャープグレーティングは反射し、分散を補償する信号光が2nm間隔で異なるように設定されている。信号光を並列で処理するため、アイソレータは不要である。信号光を並列で処理する点を除けば、機能や効果は第五、第七の実施例と同様である。

【0029】図9は本発明の光波長分割多重通信システムの第八の実施例を示す構成図である。第七の実施例において、1×N光ファイバ型スターカプラの14の各出力端にEDFA13を設置した。これにより1×N光ファイバ型スターカプラ14の分岐損失を補償した。

【0030】

【発明の効果】本発明によれば、送受信端で導波路型の合波器や分波器の替わりに光ファイバ型の1×Nスターカプラを用い、受信端で光サーキュレータ、反射型のLP01-LP11モード変換器、分散補償用のLP11モード伝送路、チャープグレーティング、アイソレータ、EDFAを用いることで次の如く優れた効果を発揮する。

【0031】分割多重の各信号の波長分解能を良好に、すまわち信号光のスペクトル幅を狭くできることから、より高密度に波長分割多重が可能である。又各信号の波長分散はほぼ零に、つまり補償されるためシステムの伝

送できる情報量が大幅に向上できる。又光部品は光ファイバを基礎にした部品であるから、システム全体が低コストで構成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光波長分割多重通信システムの第一の実施例を示す構成図である。

【図2】本発明の光波長分割多重通信システムの第二の実施例を示す構成図である。

【図3】本発明の光波長分割多重通信システムの第三の実施例を示す構成図である。

【図4】本発明の光波長分割多重通信システムの第四の実施例を示す構成図である。

【図5】本発明の光波長分割多重通信システムの第五の実施例を示す構成図である。

【図6】図5の第五の実施例のチャープグレーティングの説明図である。

【図7】本発明の光波長分割多重通信システムの第六の実施例を示す構成図である。

【図8】本発明の光波長分割多重通信システムの第七の実施例を示す構成図である。

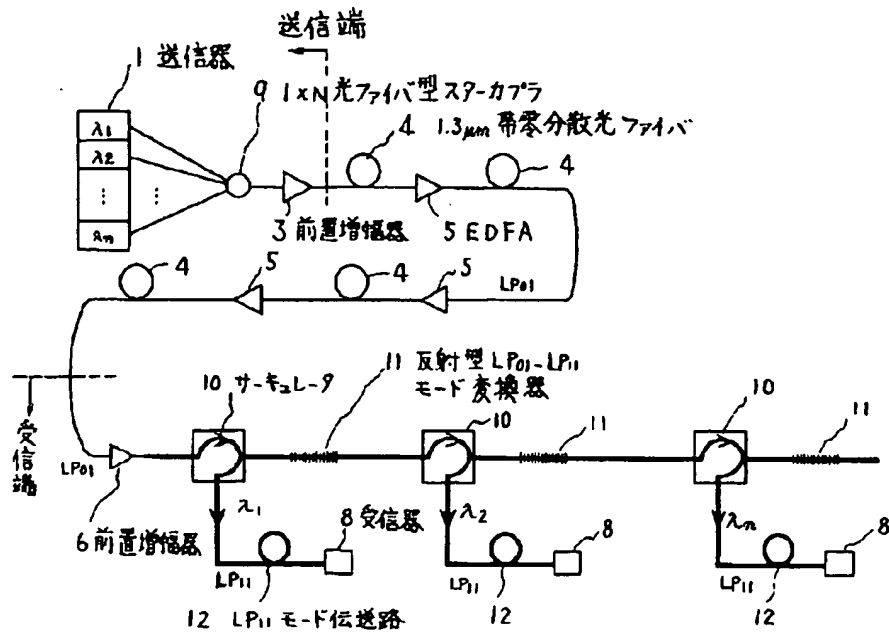
【図9】本発明の光波長分割多重通信システムの第八の実施例を示す構成図である。

【図10】従来の光波長分割多重通信システムの構成図である。

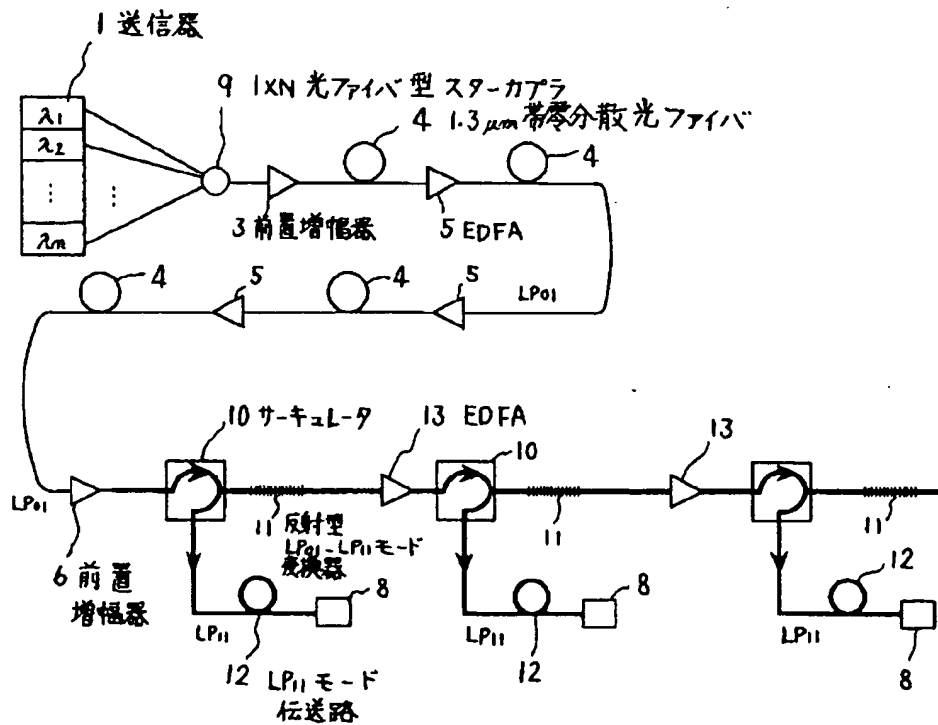
【符号の説明】

- 1 送信器
- 2 合波器
- 3 前置増幅器
- 4 1.3 μm 帯零分散光ファイバ
- 5 EDFA
- 6 前置増幅器
- 7 分波器
- 8 受信器
- 9 1×N光ファイバ型スターカプラ
- 10 サーキュレータ
- 11 反射型LP01-LP11モード変換器
- 12 LP11モード伝送路
- 13 EDFA
- 14 1×N光ファイバ型スターカプラ
- 15 2×2光ファイバ型カプラ
- 16 チャープグレーティング
- 17 アイソレータ
- LP01 伝送する光ファイバの基本モード
- LP11 伝送する光ファイバの第2番目のモード

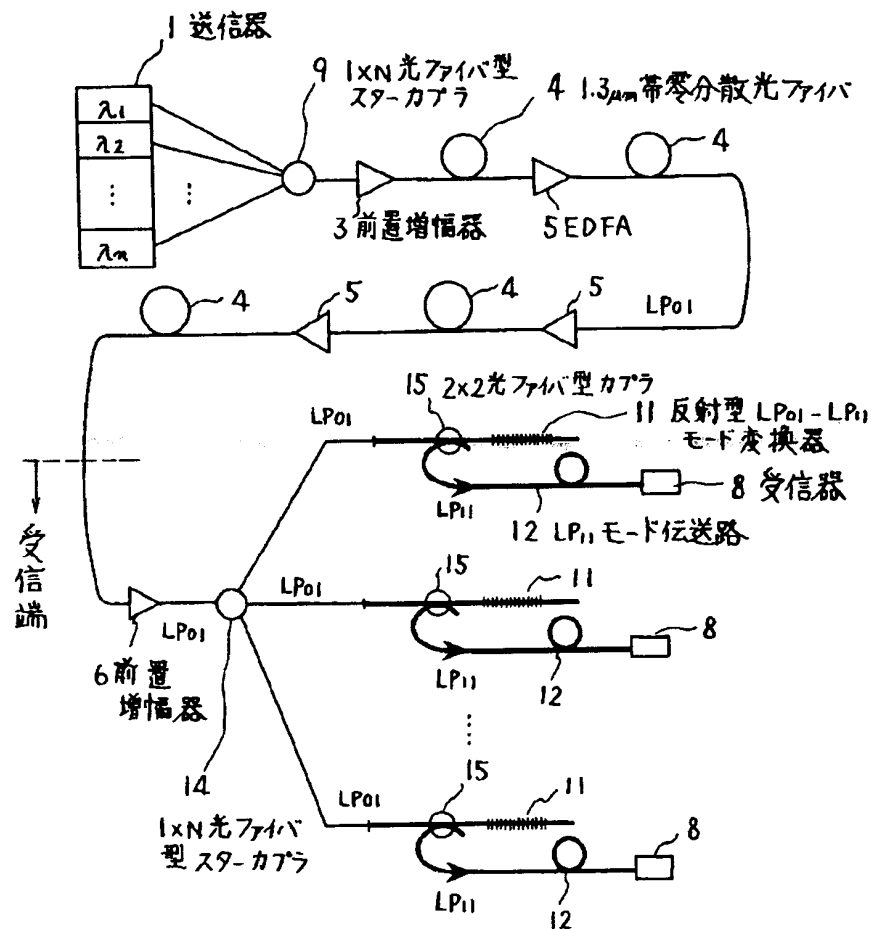
【図1】



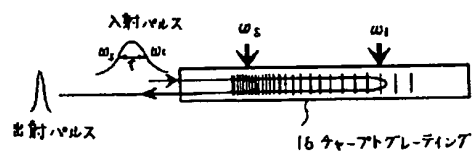
【図2】



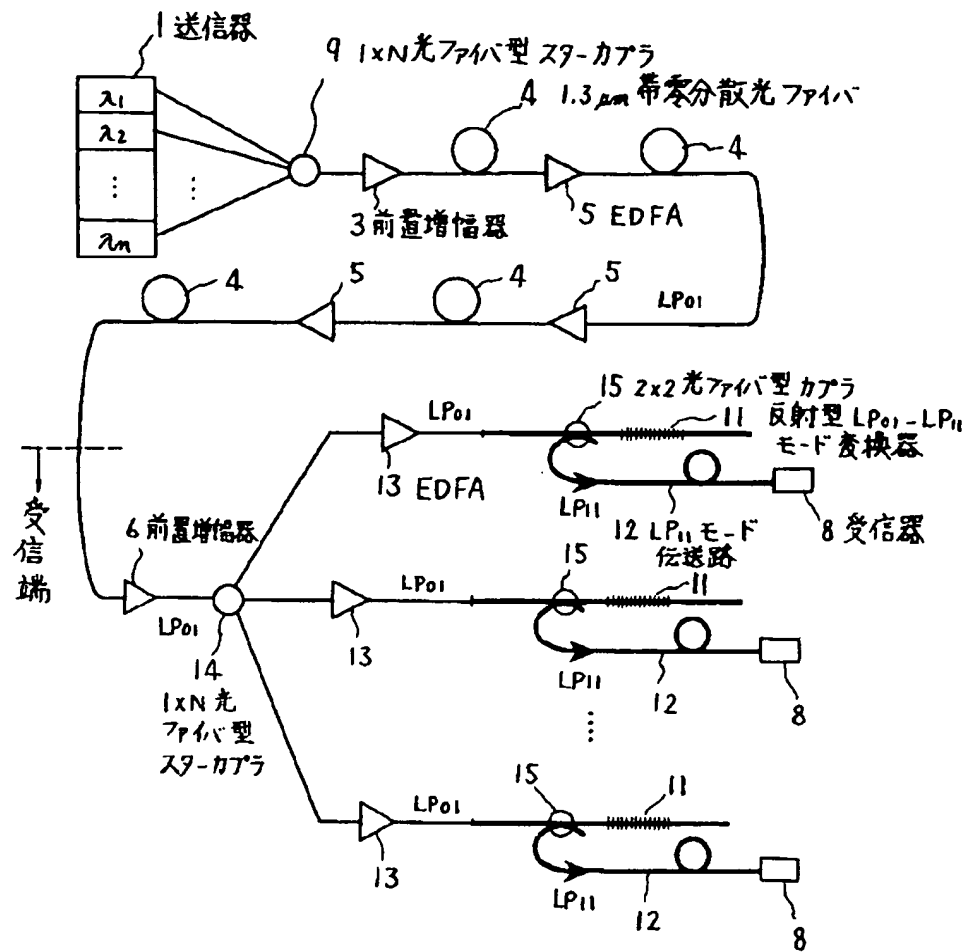
【図3】



【図6】

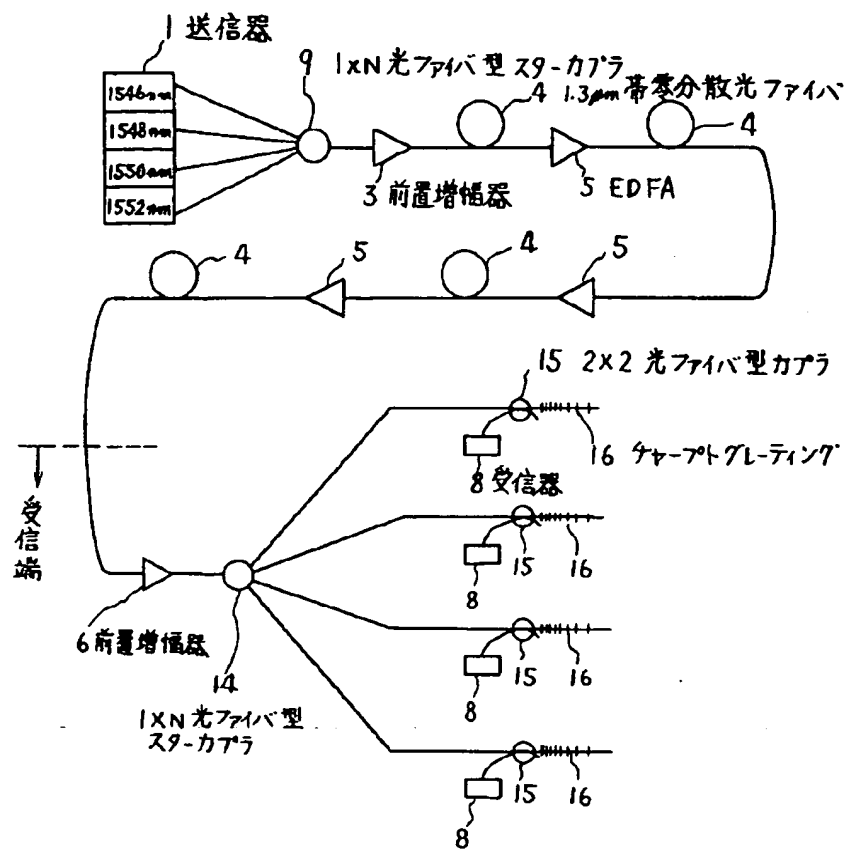


【図4】

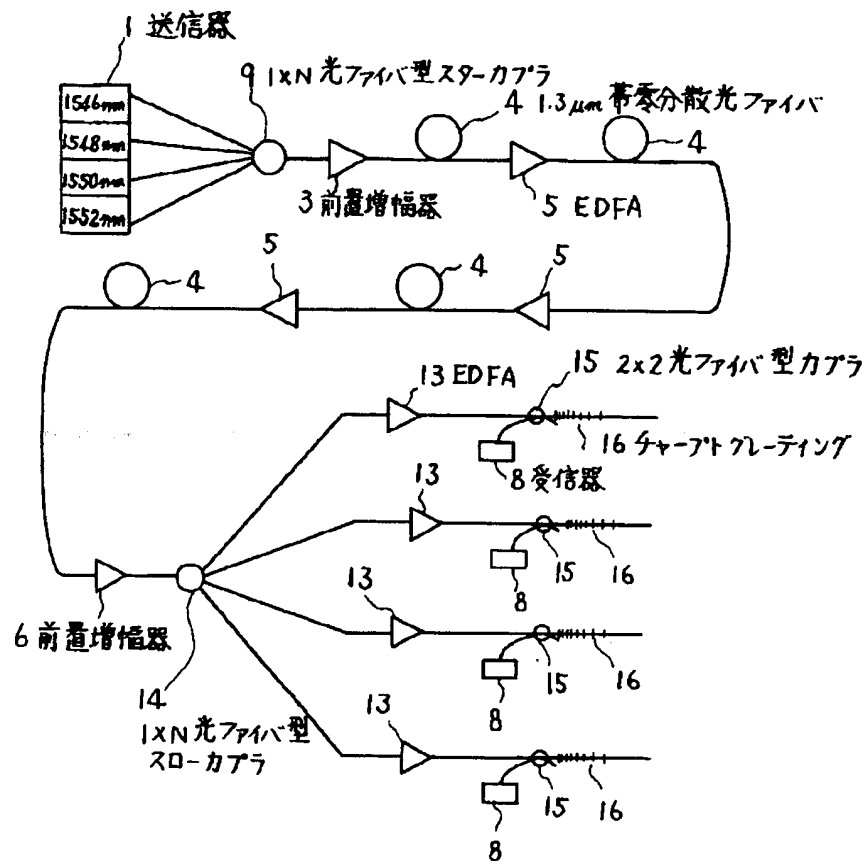




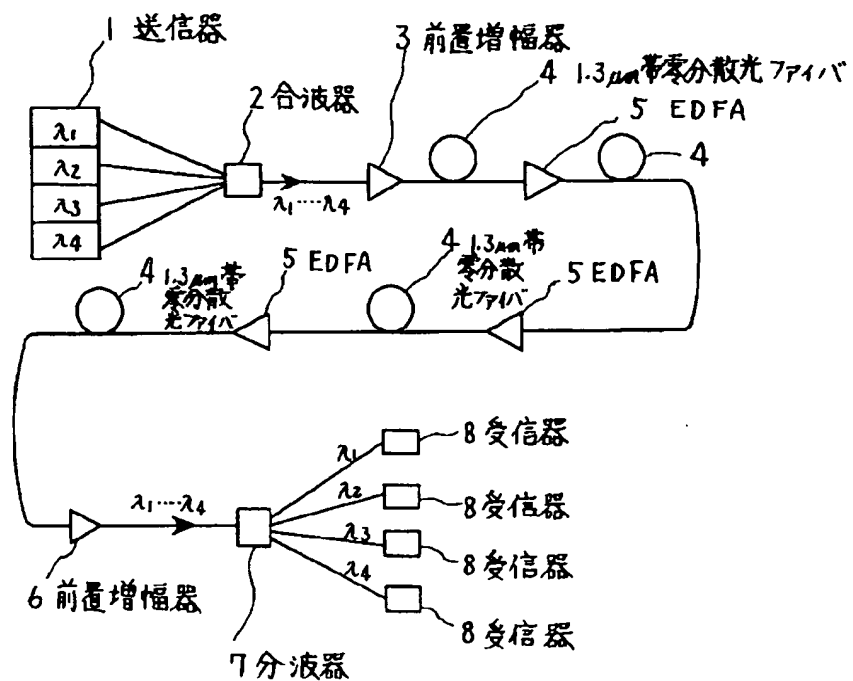
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/12

10/02

10/28

10/26

10/04

10/06

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)